

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-125176

(43)公開日 平成9年(1997)5月13日

| (51)Int.Cl. <sup>9</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号  | FI            | 技術表示箇所 |
|--------------------------|------|---------|---------------|--------|
| C 2 2 C 9/02             |      |         | C 2 2 C 9/02  |        |
| F 1 6 C 33/12            |      | 7123-3J | F 1 6 C 33/12 | A      |

審査請求 未請求 請求項の数9 FD (全9頁)

(21)出願番号 特願平7-303936

(22)出願日 平成7年(1995)10月27日

(71)出願人 000207791

大豊工業株式会社

愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目65番地

(72)発明者 大城 晴行

愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目65番地 大豊工業株式会社内

(72)発明者 富川 貴志

愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目65番地 大豊工業株式会社内

(72)発明者 橋爪 克幸

愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目65番地 大豊工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 村井 卓雄

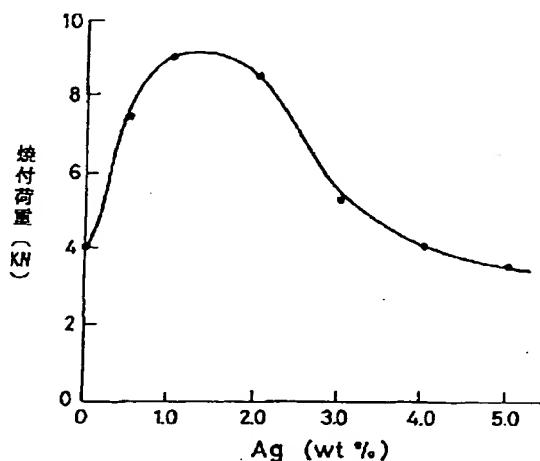
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 銅系すべり軸受材料および内燃機関用すべり軸受

(57)【要約】

【目的】 銅系すべり軸受材料において、Pbを含有させなくとも優れた耐焼付性が得られるようにし、さらにオーバーレイの厚さを薄くする。

【構成】 重量百分率で、Ag: 0.1~2%、Sn: 1~10%を含有し、残部がCu及び不可避免の不純物からなり、前記Ag及びSnが第2相を実質的に形成しないで、Cuマトリックス中に完全にもしくは実質的に固溶した状態であることを特徴とする、耐焼付性にすぐれた銅系すべり軸受材料。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量百分率で、Ag: 0.1~2%、Sn: 1~10%を含有し、残部がCu及び不可避免的な不純物からなり、前記Ag及びSnが第2相を実質的に形成しないで、Cuマトリックス中に完全もしくは実質的に固溶した状態であることを特徴とする、耐焼付性にすぐれた銅系すべり軸受材料。

【請求項2】 さらに、0.5%以下のPを含有することを特徴とする請求項1記載の銅系すべり軸受材料。

【請求項3】 Ag含有量が0.4~1%である請求項1または2記載の銅系すべり軸受材料。

【請求項4】 Sn含有量が2~7%である請求項1から3までの何れか1項記載の銅系すべり軸受材料。

【請求項5】 P含有量が0.05~0.15%である請求項1から4までの何れか1項記載の銅系すべり軸受材料。

【請求項6】 請求項1から5までの何れか1項記載の銅系すべり軸受材料と、厚さが1~25μmの軟質金属からなりあるいは固体潤滑剤と樹脂からなるオーバーレイとを含んでなることを特徴とする内燃機関用すべり軸受。

【請求項7】 オーバーレイの厚さが1~25μmである請求項6記載の内燃機関用すべり軸受。

【請求項8】 前記軸受材料に前記オーバーレイが中間層を介さずに直接接着されていることを特徴とする請求項6または7記載の内燃機関用すべり軸受。

【請求項9】 軸との摺動面以外で前記完全もしくは実質的に固溶した状態が保たれていることを特徴とする請求項6から8までの何れか1項記載の内燃機関用すべり軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、銅系すべり軸受材料及び内燃機関用すべり軸受に関するものであり、さらに詳しく述べるならば、エンジン主軸受、コンロッド軸受などの内燃機関軸受として使用される新規な組成及び組織を有する銅系すべり軸受ならびにかかる材料を使用エンジン主軸受、コンロッド軸受などのすべり軸受に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、一般的な内燃機関のすべり軸受は、特開昭60-145345号公報に記載されているように、SAE1010または1020などの低炭素鋼からなるストリップにPb: 約8~35%、Sn: 約10%以下、残部Cuからなる銅系合金のいわゆるライニングを焼結してなるものである。

【0003】 さらに、特表平1-503150号公報に詳しく説明されているように、軸受ライニングの上にPb-Sn系もしくはPb-Sn-Cu系オーバーレイを設けた構造においては、Snがライニングに拡散する結果

としてオーバーレイ中のSnが枯渇し、潤滑油に対する耐食性が急激に劣化するために、ライニングとオーバーレイの中間にめっきによるNiバリアーを介挿する。この鉛に起因する耐食性劣化を防止する対策として前掲公報ではオーバーレイ中の鉛相を微細にすることが提案されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来のオーバーレイ付きケルメット軸受のライニングは鉛を含有しているが、鉛は軟質金属であり潤滑性及びなじみ性に優れているために、Cuが相手材に凝着することによる焼付を防止する目的を以て鉛が使用されていたのである。従来のすべり軸受を劣化した潤滑油中で長時間使用すると、ライニングが露出した際にライニング中の鉛相が腐食溶解されると、面荒れが起こり焼付に至る。あるいは鉛相の溶出により空隙が形成されるためにライニングの強度が低下し、座屈による焼付が起こる。このような鉛相の腐食を軽減するために鉛相を微細にするなどの対策が講じられてきたが、すべり軸受材料が鉛を含有する限りその対策には限界があった。

【0005】 また、ケルメットは劣化した潤滑油中で長時間使用されると、銅が潤滑油中の硫黄(S)と反応して硫化して硫化銅がライニングの表面に形成され、これにより耐食性及び耐摩耗性が劣化するという問題がある。この対策としてZnを添加することも行われているが、Znは耐焼付性をほとんど向上しない。

【0006】 さらに、従来オーバーレイには、軸とのなじみを取る他にそれ自体による耐焼付性などのすべり軸受性能を発揮するように20μm以上の厚さをもたせていた。しかしすべり軸受材料のコストの面からは厚めっきは避けることがよいのは言うまでもない。さらに、厚いオーバーレイは疲労し易く、また摩耗したときの軸とのクリアランスが大きくなって、騒音の発生を招く。

【0007】 また別の観点からの問題としては、従来ニッケルバリアーはすべり軸受の拡散を防止するために使用せざるを得なかったが、オーバーレイの摩耗によりニッケルバリアーが露出した段階では、硬質のNi露出部が焼付を極めて起こり易くするので、この時点が軸受寿命と判定することも行われていた。このようなニッケルバリアーの問題点は従来から指摘されていたが、すべり軸受の拡散を防止するためにやむを得ずニッケルバリアーを使用していたと言える。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は上述の諸問題を解決することができる銅系すべり軸受及び内燃機関用すべり軸受を提供するものである。本発明の第一は、重量百分率で、Ag: 0.1~2%、Sn: 1~10%を含有し、残部がCu及び不可避免的な不純物からなり、前記Ag及びSnが第2相を実質的に形成しないで、Cuマトリックス中に完全もしくは実質的に固溶した状態であ

ることを特徴とする耐焼付性にすぐれた銅系すべり軸受材料であり、本発明の第二は、上記の銅系すべり軸受材料と、厚さが $1\sim 25\mu\text{m}$ の軟質金属からなりあるいは固体潤滑剤と樹脂からなるオーバーレイとを含んでなることを特徴とする内燃機関用すべり軸受であり、また、本発明の第三は、上記すべり軸受材料に前記オーバーレイが中間層を介さずに直接接着されていることを特徴とする内燃機関用すべり軸受に関する。

【0009】以下、本発明の構成を説明するが、まず本発明に係るすべり軸受材料の合金組成を説明する。銅系合金に含有されたAgはCuマトリックス中に均一に微細に分散することによって銅系合金の耐焼付性を向上する。Ag含有量が0.1%未満及び2%を超過のいずれの場合も耐焼付性向上の効果は奏されない。好ましいAg含有量は0.4~1%である。

【0010】次に、Snは固溶によりCuマトリックスの硬さ及び強度を高め、また耐食性及び耐凝着性を向上させる。Sn含有量が1%未満であると耐凝着性を向上させる効果がなく、一方10%を超えると銅系合金が硬くなりすぎて軸受としてのなじみ性が劣り、またCu<sub>3</sub>Sn化合物(ε相)が析出し始め耐焼付性が劣化する。好ましいSn含有量は2~7%である。

【0011】上記組成にさらに0.5%以下のPを添加することができる。Pはそれ自体では摺動特性には特に寄与しないが、粉末アトマイズ時に脱酸剤として湯流れを改良して粉末の性状を良好にするとともに、比較的低温での焼結を可能にする。また、Pは鑄造材製造の際には脱酸剤として作用するとともに、湯流れを良好にして鑄造欠陥を少なくする。おそらくAg、Snの析出を妨げるであろう溶質酸素の量はPの添加により少なくなり、これが原因となって、溶質Sn及びAgによる耐焼付性向上が顕著になる。したがって、銅合金中の酸素量が多い場合にはPを添加することが好ましい。しかしながらP含有量が0.5%を超えると、銅合金が硬くかつ脆くなる。好ましいP含有量は0.05~0.15%である。

【0012】特に好ましい組成はAgとSnの含有量が平衡状態の固溶限を超えるCu-1%Ag-5%Snであり、これらの元素を強制固溶した銅系合金が極めて優れた摺動特性を発揮する。上記成分以外の元素は、銅に通常含有されるO、Fe、As、Niなどの不純物である。これらの元素は少ないほど好ましい。特に酸素は強制固溶されたAgの析出を妨げるおそれがあり、その他の成分は有益な作用をもたらさないから、合計で1%程度以下に規制することが好ましい。なお、本発明の銅系合金は軟質金属であるPbは必須成分として含有していないが、Cuが相手材に凝着することなく摺動特性は極めて良好である点が特筆される。但し、Pb及びBiは快削性を付与するために4%以下銅系合金に添加してもよい。

【0013】続いて、本発明に係る銅合金の組織を説明する。本Cu-Sn-Ag系平衡状態では、固溶限はSnは約2%、Agは約0.2%である。したがって、本発明の合金組成はこれらの元素の含有量が固溶限未満から固溶限以上に亘っている。これらの元素はCuマトリックス中に固溶して、電子顕微鏡レベルで微細に分散していることが摺動特性を向上するために重要である。本発明において、完全固溶組織は、電子顕微鏡により二次相の存在が認められず、またEPMAによりCu、Sn、PがAg、ε-Cu<sub>3</sub>Sn(Cu<sub>3</sub>Sn)、η'-Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>などの二次相形態に濃縮して分布していることが検出されない組織である。なお、本発明ではCu、Sn、Agなどの主要成分が二次相を実質的に形成しないことが必要であるが、不純物が微量の介在物もしくは二次相を形成することは支障がない。

【0014】本発明においては、固溶状態は完全固溶状態が好ましいが、二次相がほとんど検出されない実質的固溶状態でもよい。ここで、実質的固溶状態とは具体的にはAgなどの各成分のX線写真を画像解析装置により観察し、任意の観察視野(1000倍)における二次相の面積が5%以下の組織状態である。

【0015】詳しくは後述するようにAgは軸受使用中に表面に濃縮してAg-S化合物を形成し、この現象が本発明のすべり軸受材料の摺動性能が飛躍的に改善された原因であると考えられる。Ag-S化合物の形成を可能にするのが、Cuマトリックスにおける上記の固溶状態であるから、固溶状態の確認は使用中のすべり軸受においてはライニングの最表面を除いて行うことが必要である。さらに、固溶状態は軸受使用中の摺動特性を良好にするための必要条件であるから、軸受の摩耗が起こる可能性がある表面から1μm程度以下の浅い位置において固溶状態が実現されておればよく、素材急冷の際の質量効果により冷却速度が遅くなる素材内部でAgなどが析出していてもよいことは、以下の説明から明らかになるであろう。

【0016】Ag及びSnを固溶させるためには、銅合金粉末の焼結を好ましくは800~900℃で行った後、50℃/分以上の冷却速度で急冷を行うか、あるいは同様の条件で溶体化熱処理を行うことにより、これらの元素を強制的にCuマトリックス中に溶け込ませる必要がある。鑄造材料の場合は、約500~600℃に予熱された厚さが1.5mm程度の鋼板(SPCC)にN<sub>2</sub>雰囲気内で溶湯を流し込み、その後100℃/秒以上の冷却速度で鋼板の裏金から水冷却することが好ましい。上述のように、Ag及びSnの含有量は平衡状態での固溶限未満のこともあるが、これらの元素の偏析を防止するためにやはり銅系合金を急冷することが好ましい。

【0017】続いて本発明のすべり軸受材料を使用したすべり軸受を説明する。このすべり軸受材料は、従来の

ようにオーバーレイを利用するなど公知のあらゆる形態で  
使用することができる。しかしながら、摺動特性は非常  
に優れた本発明のすべり軸受材料の特に有益な使用法は  
以下のとおりである。本発明のすべり軸受材料は、従来  
のように厚いオーバーレイによる補強を行う必要がないの  
で、オーバーレイは軸とのなじみを取るのに必要な厚さが  
あればよく、その厚さは1~25 $\mu$ m、好ましくは2~  
8 $\mu$ mである。

【0018】オーバーレイとしては、Pb-In系、Db-  
Sn-Cu系、Pb-Sn-In系、Pb-Sn-In-Cu系合金めっき、Sn系めっき、In系めっきな  
どの各種金属オーバーレイを使用することができる。さら  
に、MoS<sub>2</sub>などの固体潤滑剤をポリイミド(PI)、  
ポリアミドイミド(PAI)、エポキシ樹脂などの樹脂  
バインダーで結合したオーバーレイを使用することもでき  
る。

【0019】上述のように軸受使用中にオーバーレイ中の  
Snはライニングに拡散する現象が起こる。本発明にお  
いてはオーバーレイはなじみを取るだけの機能をもたせ  
ればよいから、Snの枯渇を招くほどオーバーレイは長期間  
に性能をもたせる必要はなく、この観点からするとニッ  
ケルバリヤーは不必要であり、また積極的にニッケルバ  
リヤーを排除することにより、露出したニッケルバリ  
ヤーによる焼付を防止し、却って露出したライニングの優  
れた耐焼付性を活用することができる。このすべり軸受  
においては、銅系すべり軸受材料の表面はエッチング、  
ショットブラスト、めっきなどによりオーバーレイとの密  
着性を高める処理をすることができる。

【0020】

【作用】本発明に係る銅系材料①及び比較のための銅系  
材料②を軸受として使用した際に認められる現象は、

(イ)マトリックス中の溶質Agは軸受使用中(温度:  
120~180℃)に摺動面に析出して潤滑油中のS成  
分と反応してAg-S化合物であるAg<sub>2</sub>Sの極めて薄  
い皮膜を形成する(①);(ロ)摺動面から1 $\mu$ m以上  
離れたライニング内部ではCu固溶体からAgの析出は  
検出できない(①);(ハ)軸受使用初期から第2相と  
して析出したAgは硬質すぎるために摺動特性が悪く、  
かつこのマトリックス面には摺動部において上記したA  
g<sub>2</sub>Sの皮膜が広くまんべんなく形成されないで、こ  
の理由からも摺動特性が優れない(②);(ニ)平衡状  
態の固溶限より少ない量のAgでも(イ)の現象が起こ  
る(①)、などである。

【0021】Sn=5%, P=0.05%, Ag $\leq$ 5  
%, 残部Cuの組成をもつ焼結材料を後述の実施例1と  
同じ製造法で製造し、軸受使用前に5視野でAg析出面  
積率を測定した結果を図1に示し、またこの材料の焼付  
荷重を図2に示す。また図3にはAg=4%, Ag析出  
面積率=4%のSEMによるAg像(倍率1000倍)  
を示す。図1及び2より、(イ)Agが完全固溶してい

る1%以下ではAg含有量とともに焼付荷重が飛躍的に  
増大している;(ロ)Ag含有量が1.0%を超えると  
強制固溶が不可能になってAgの析出が始まり、これに  
伴って焼付荷重が徐々に低下する;(ハ)Ag含有量の  
上限である2%では1%のAgが溶質として存在し、残  
りの1%のAgが二次相として存在する。このような組  
織状態であっても溶質Agの作用により焼付荷重は非常  
に高いレベルに保たれている。図3にはAg二次相の析  
出形態の一例を示す。

【0022】一方、SnもCuマトリックスの溶質元素  
であると摺動特性が優れるが、軸受使用前から二次相と  
して析出すると、銅系合金が硬くかつ脆くなるためにた  
めに摺動特性が劣化する。本発明が特徴とする組織をも  
つ銅系合金では溶質Snは軸受使用中に摺動面に析出  
し、しかもSnが析出する場所にはAgも共に析出して  
いる。したがって、Ag<sub>2</sub>S、Ag<sub>3</sub>Sn、SnSなど  
の化合物が二次相として摺動面に形成され、これらの化  
合物が摺動特性を改善していることが推定される。以  
下、実施例によりさらに詳しく本発明を説明する。

【0023】

【実施例】

実施例1

表1(図4)に組成を示す銅合金の溶湯をアトマイズに  
より粉末化し、その後粉末粒度が150 $\mu$ m以下のもの  
を裏金鋼板(SPCC、厚さ=1.4mm)の上に厚さ  
が0.6mm程度になるように散布し、圧縮することな  
く850℃、水素ガス雰囲気中で焼結した。その後50  
℃/minの冷却速度で急冷を行った。その後全体の厚  
さが1.5mmになるように焼結層を圧縮した。

【0024】焼結材料を表面粗さが0.5 $\mu$ m以下にな  
るように研磨して調製した試料(厚さ1.5mm)を図  
5に方法を図解するスティックスリップ試験に供した。  
この試験は凝着による焼付が起こる傾向を調査するのに  
適した試験である。図5において、1は試験片、2はヒ  
ーター、3は荷重を加えつつ試料面を移動する鋼球であ  
る。試験条件は以下の通りであった。

(1)荷重(W):500g

(2)鋼球先端面半径:4mm

(3)鋼球移動速度:3.6mm/min

(4)鋼球移動距離:20mm

(5)ヒーターによる加熱最高温度:200℃

(6)銅凝着面積の測定:鋼球表面写真による

【0025】スティックスリップ試験の結果を表1(図  
4)示す。表1において、比較例6は純銅であり、試験  
片の凝着面積が大きくしかも低温で試験片の凝着が發生  
している。Ag及びPを少量添加した比較例7は凝着傾  
向が多少抑制されている。Snを多量に添加すると(比  
較例8、10)とさらに凝着傾向が抑制される。Pbと  
Snを複合添加すると(比較例9)凝着は完全に抑制さ  
れる。これに対して本発明実施例1~5ではPbを添加

10

20

30

40

50

しなくとも凝着は完全に抑制されている。

#### 【0026】実施例2

図6（表2）に示す組成の銅合金焼結材を実施例1と同様の方法により製造した。得られた焼結材の耐焼付性を図7に示すピンオンディスク試験機により調査した。図7において、5は油圧シリンダー、6は給油パッド、7は試験片、8は摺動の相手材となるディスク、9は油圧シリンダーにバランスするバランスウェイト、10はロードセルである。

【0027】試験条件は以下のとおりであった。

(イ) すべり速度：15m/sec

(ロ) 荷重：荷重漸増（ステップ式），600N/min

(ハ) 油種：10W-30

(ニ) 油温：室温

(ホ) 相手材：S55C焼入れ（Hv=550~650）、粗さ0.5~0.8μmRz

(ヘ) 試験片：面積-1cm<sup>2</sup>，粗さ-1.0~1.5μmRz

【0028】耐焼付性試験結果を表6（図4）示す。表6において比較例20は従来のケルメットの代表的組成例であり、この性能と比較すると本発明実施例11~15の耐焼付性は2倍弱に改善されていることが分かる。特に、本発明実施例の材料はPbを含有しないにもかかわらず、耐焼付性が優れていることに注目される。Ag（比較例17）及びSn（比較例18）の単独添加では純銅（比較例16）よりも耐焼付性は改善されるが、その程度は僅かである。AgとSnの複合添加（比較例19）ではさらに耐焼付性が改善されるがPが欠けていると、その程度はやはり少ない。比較例21はAg含有量が多過ぎるために耐焼付性は十分ではない。

#### 【0029】実施例3

実施例1と同じ方法により、図8（表3）に示す組成の銅系すべり軸受材料を調製して、ターボチャージャー付きディーゼルエンジン（排気量2400cc）のコンロッド軸受用すべり軸受を製作した。使用した裏金は鋼板（SPCC，厚さ=1.2mm）であり、ライニングの厚さは0.3mmであり、ライニング表面にニッケルバリヤーを介さずに直接オーバーレイを被着した。オーバーレイの形成方法は、金属オーバーレイはほうふっ化浴電気めっきとInの拡散を組み合わせた方法により行い、固体潤滑剤系オーバーレイは樹脂との混合物を焼付ける方法により行った。各すべり軸受の摺動特性を以下の方法で評価した。

#### 【0030】

回転数：4000rpm

軸受面圧：450，600，700kg/cm<sup>2</sup>

油種：10W-30，CD

油温：125℃

試験時間：400h

試験結果の評価：重量摩耗量を測定し、平均値を計算；表面状態一目視により再使用可能な状態のものを合格（○）、不可能なものを不合格（×）とした。

試験結果を図8（表3）に示す。

【0031】表3において、比較例34は通常のオーバーレイ付きケルメット軸受であるが、オーバーレイの厚さをなじみをとる程度だけの薄くした比較例であり、本実験条件では焼付が起こっている。これに対して、少量（0.05%）のAgを添加し、Pbを除いた比較例35はさらに焼付が起こり易くなっている。Ag含有量をさらに増加しかつSnを多量に添加した比較例36及びAgのみを多量に添加した比較例37ではやや焼付が起こり難くなっている。これらの比較例に比べ本発明実施例では摩耗量が非常に少なくかつ耐焼付性が優れている。特に、Sn量が非常に少なくとも性能が優れている（実施例22、24）。

#### 【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るCu-Sn-Ag系銅合金はすべり軸受として要求される耐焼付性が非常に優れている点、及び劣化潤滑油による腐食の原因となるPbがない鉛フリー材料である点に特長がある。なお、この組成系の銅合金は、従来ばね、接点材料もしくは電気部品として使用することは知られていた（例えば、特開昭49-75417号、特開昭50-77216号、特開平2-228439号、特開平5-195173号）が、強制固溶後軸受として使用中に摺動面に析出したAg，Sn二次相を性能向上に利用する本発明材料は、これら別用途のものと比較しても金属組織制御技術の観点からも特筆すべき材料である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】Ag含有量とAg析出部分の面積率の関係を示すグラフである。

【図2】Ag含有量と焼付荷重の関係を示すグラフである。

【図3】4%Agを含有する銅系材料のAgのSEM像を示す図である。

【図4】本発明実施例及び比較例の合金組成、スティックスリップ試験結果を示す図表（表1）である。

【図5】スティックスリップ試験機を示す図である。

【図6】本発明実施例及び比較例の合金組成、焼付荷重を示す図表（表2）である。

【図7】焼付試験機を示す図である。

【図8】本発明実施例及び比較例の合金組成、オーバーレイの構成、エンジン実機試験の結果を示す図表（表3）である。

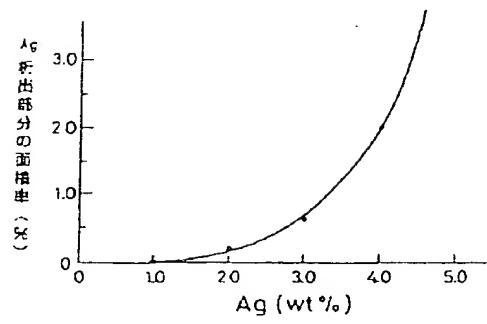
#### 【符号の説明】

- 1 試験片
- 2 ヒーター
- 3 鋼球
- 5 油圧シリンダー

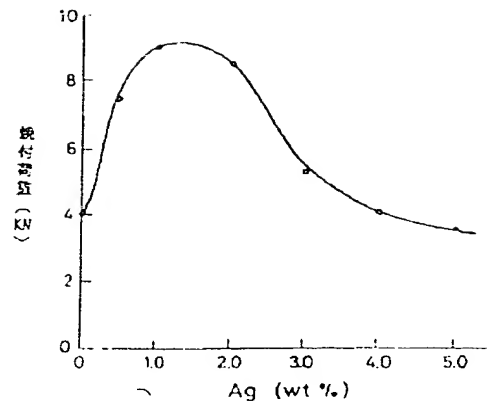
## 6 給油パッド

## 7 試験片

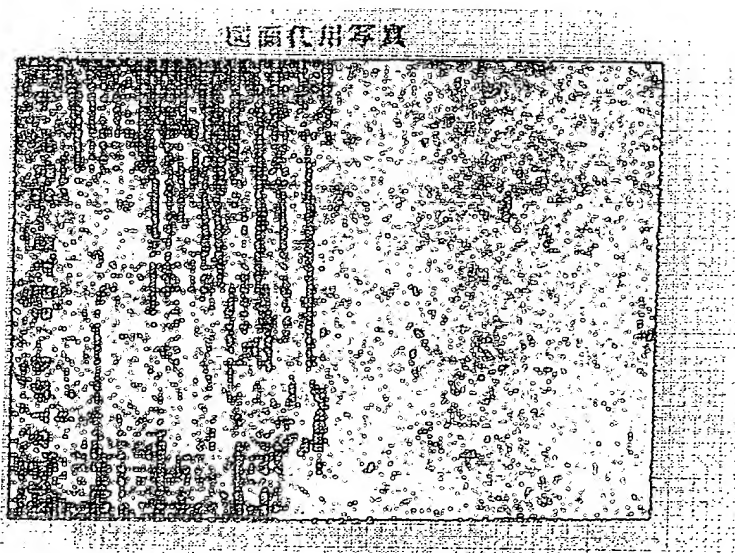
〔図1〕



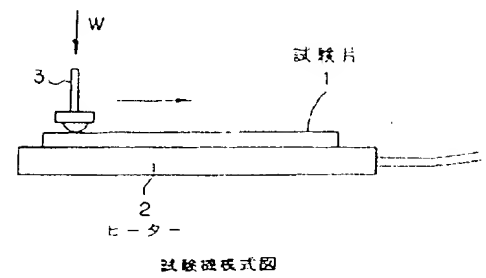
〔図2〕



〔図3〕



〔図5〕



【図4】

表1

|             | 組成 (w t / %) |    |      |    |    |      | スティックスリップ 発生時 |      | Cu 凝着面積<br>( $\mu\text{m}^2$ ) |
|-------------|--------------|----|------|----|----|------|---------------|------|--------------------------------|
|             | No           | Cu | Ag   | Sn | Pb | P    | 発生温度 (°C)     | 摩擦係数 |                                |
| 実<br>施<br>例 | ①            | 残  | 0.5  | 5  | —  | 0.03 | 無 し           | —    | 0                              |
|             | ②            | ↑  | 1.0  | 3  | —  | —    | ↑             | —    | 0                              |
|             | ③            | ↑  | 1.5  | 7  | —  | 0.05 | ↑             | —    | 0                              |
|             | ④            | ↑  | 2.0  | 10 | —  | 0.08 | ↑             | —    | 0                              |
|             | ⑤            | ↑  | 0.1  | 1  | —  | —    | ↑             | —    | 0                              |
| 比<br>較<br>例 | ⑥            | ↑  | —    | —  | —  | —    | 100           | 0.40 | 2000                           |
|             | ⑦            | ↑  | 0.05 | —  | —  | 0.1  | 120           | 0.42 | 1700                           |
|             | ⑧            | ↑  | —    | 5  | —  | 0.05 | 150           | 0.50 | 1500                           |
|             | ⑨            | ↑  | —    | 3  | 10 | 0.02 | 無 し           | —    | 0                              |
|             | ⑩            | ↑  | 0.01 | 15 | —  | 0.03 | 160           | 0.55 | 900                            |

【図6】

表2

|             | 組成 (w t / %) |    |      |     |    |      | 焼付き試験<br>焼付き荷重<br>( $\text{kg/cm}^2$ ) |
|-------------|--------------|----|------|-----|----|------|--|
|             | No           | Cu | Ag   | Sn  | Pb | P    |  |
| 実<br>施<br>例 | 11           | 残  | 0.1  | 3   | —  | 0.03 | 880                                    |
|             | 12           | ↑  | 1.0  | 5   | —  | —    | 900                                    |
|             | 13           | ↑  | 2.0  | 10  | —  | —    | 820                                    |
|             | 14           | ↑  | 0.5  | 5   | —  | 0.05 | 880                                    |
|             | 15           | ↑  | 1.5  | 1   | —  | 0.01 | 850                                    |
| 比<br>較<br>例 | 16           | ↑  | —    | —   | —  | —    | 400                                    |
|             | 17           | ↑  | 0.08 | —   | —  | —    | 450                                    |
|             | 18           | ↑  | —    | 15  | —  | —    | 420                                    |
|             | 19           | ↑  | 0.05 | 0.5 | —  | —    | 480                                    |
|             | 20           | ↑  | —    | 3.5 | 24 | 0.02 | 450                                    |
|             | 21           | ↑  | 5    | 8   | —  | 0.03 | 480                                    |

【図7】

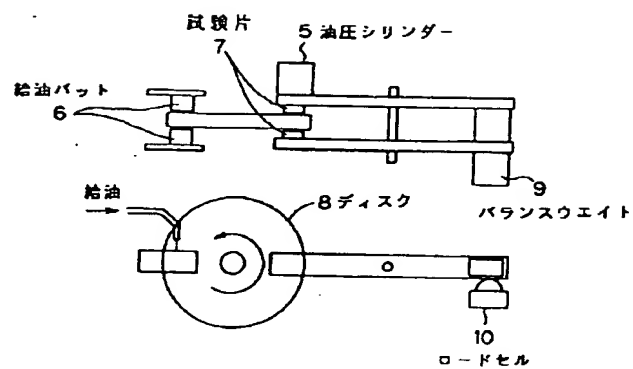


図7 試験機模式図



【図8】

| 表3 エンジン試験結果   |               |    |      |    |    |       |                |    |    |    |    |                        |       |            |
|---|---------------|----|------|----|----|-------|----------------|----|----|----|----|------------------------|-------|------------|
| 試験条件  | ライニング成分 (wt%) |    |      |    |    | Niめっき | オーバーレイ成分 (wt%) |    |    |    |    | 潤滑油/固体潤滑剤=50/50 (vol%) |       | 400h後の表面状態 |
|   | No            | Cu | Ag   | S  | n  | Pb    | P              | Pb | Sn | In | Cn | 樹脂                     | 固体潤滑剤 |            |
|   | 22            | 残  | 0.1  | 1  | —  | —     | 0.03           | 残  | 10 | —  | 2  | —                      | —     |            |
| 実施例   | 23            | 残  | 1.0  | 5  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 5          |
|   | 24            | 残  | 1.0  | 1  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 10         |
|   | 25            | 残  | 1.0  | 5  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 3          |
|   | 26            | 残  | 2.0  | 10 | —  | —     | 0.05           | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 5          |
|   | 27            | 残  | 2.0  | 1  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 25         |
|   | 28            | 残  | 2.0  | 5  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 6          |
|   | 29            | 残  | 2.0  | 3  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 1          |
|   | 30            | 残  | 2.0  | 10 | —  | —     | 0.1            | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 5          |
|   | 31            | 残  | 2.0  | 7  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 5          |
|   | 32            | 残  | 0.5  | 7  | —  | —     | 0.5            | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 10         |
| 比較例   | 33            | 残  | 1.0  | 3  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 5          |
|   | 34            | 残  | —    | 5  | 25 | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 3          |
|   | 35            | 残  | 0.05 | 1  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 5          |
|   | 36            | 残  | 1.0  | 15 | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 5          |
|   | 37            | 残  | 3.0  | —  | —  | —     | —              | 残  | 10 | 10 | 1  | —                      | —     | 5          |
| 試験条件  |               |    |      |    |    |       |                |    |    |    |    |                        |       |            |
| エンジン: L4, 1000cc, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm, 2100rpm       |               |    |      |    |    |       |                |    |    |    |    |                        |       |            |
| 回転速度: 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm, 4000rpm |               |    |      |    |    |       |                |    |    |    |    |                        |       |            |
| 試験温度: 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃, 125℃  |               |    |      |    |    |       |                |    |    |    |    |                        |       |            |
| 試験時間: 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h, 400h  |               |    |      |    |    |       |                |    |    |    |    |                        |       |            |

フロントページの続き

(72)発明者 神谷 荘司

愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目65番地 大豊工業株式会社内